

# BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



## Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

**Aktenzeichen:** 101 07 188.4

**Anmeldetag:** 15. Februar 2001

**Anmelder/Inhaber:** MIPM Mammendorfer Institut für Physik und  
Medizin GmbH, Mammendorf, Oberbay/DE

**Bezeichnung:** Vorrichtung zur Langzeitüberwachung starker  
magnetischer Felder

**IPC:** G 01 R 33/02

**Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ur-  
sprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.**

München, den 4. Juli 2003  
**Deutsches Patent- und Markenamt**  
**Der Präsident**  
Im Auftrag



Faust

Neue deutsche Patentanmeldung

**Anmelder:**

MIPM Mammendorfer Institut für Physik und Medizin GmbH  
Oskar-von-Miller Strasse 6  
82291 Mammendorf

**Erfinder:**

Michael N. Rosenheimer  
Bachstrasse 2  
82294 Günzelhofen

Hans Schwaiger  
Olchinger Strasse 97a  
82194 Gröbenzell

---

**Vorrichtung zur Langzeitüberwachung starker  
magnetischer Felder**

---

## Beschreibung

### Technisches Gebiet

Die Erfindung bezieht sich auf eine Vorrichtung zur Langzeitüberwachung starker magnetische Felder.

Starke Magnetfelder, hier Magnetfelder, welche wesentlich stärker als das Erdmagnetfeld sind, werden in zunehmendem Maße in vielen Gebieten der Technik eingesetzt. Beispielhaft sind nachfolgend einige typische Anwendungen genannt. Im Industriebereich werden starke Magnetfelder Tragen von Lasten wie beispielsweise in Hubmagneten oder auch in der Antriebstechnik wie in Motoren eingesetzt. In der Kernphysik sind Teilchenbeschleuniger ohne starke Magnetfelder nicht realisierbar. Auch bei modernen Transportmitteln wie Magnetschwebbahnen werden starke Magnetfelder zum Tragen und zu Bewegung der Bahn eingesetzt. Besonders starke Magnetfelder mit Flussdichten bis zu drei Tesla werden in Kernspintomographen eingesetzt. In Zukunft sind noch stärkere Magnetfelder in weiteren Anwendungsgebieten zu erwarten.

Derart starke Magnetfelder haben unerwünschte Auswirkungen auf die sich im Bereich der Felder aufhaltenden Personen und technischen Geräte. So wird durch die Bewegung in Magnetfeldern in elektrisch leitfähigem Materialien eine Spannung induziert. Dies bedeutet, dass beispielsweise in den Bauteilen eines medizinischen Gerätes, welches in der Nähe eines Kernspintomographen bewegt wird, Spannungen induziert werden, welche die Funktion des Gerätes beeinträchtigen oder dieses sogar zerstören können. Ebenso können störende oder gefährliche Spannungen auch durch Änderungen des Magnetfeldes induziert werden. Die maximale Feldstärkeänderung bei Kernspintomographen beträgt 600 Tesla pro Sekunde. Diese induziert beispielsweise in einer nur  $100 \text{ cm}^2$  großen Leiterschleife eine Spannung von 6 Volt. Derartige Spannungen können moderne Schaltungen,

welche häufig in Spannungsbereichen von drei bis fünf Volt arbeiten problemlos stören oder beschädigen.

Ein weiterer unerwünschter Effekt der starken Magnetfelder ist die Magnetisierung ferromagnetischer Teile, sowie die Demagnetisierung bzw. Magnetisierungsänderung permanentmagnetischer Teile. So führen starke äußere Magnetfelder insbesondere bei elektromechanische Komponenten wie Relais oder auch Elektromotoren zu Fehlfunktionen. Wird diese Grenze zur Fehlfunktion nur geringfügig überschritten, so ist dieser Effekt häufig reversibel. Bei einer sehr starken Überschreitung dieser Grenze tritt dann eine irreversible Beschädigung der Komponenten auf.

### **Stand der Technik**

In der praktischen Anwendung von Geräten in der Nähe starker Magnetfelder wird versucht, diese Geräte einerseits möglichst robust zu machen und andererseits mit gängigen Meßgeräten zur Messung der magnetische Feldstärke den maximalen Abstand zu den Quellen der starken Magnetfelder festzulegen. Dieses Verfahren ist äußerst umständlich und erfordert unterschiedliche Messungen sowie unterschiedliche Mindestabstände für verschiedene Geräte mit unterschiedlichen Empfindlichkeiten gegenüber Magnetfeldern. Zudem sind mit auf dem Markt befindlichen Feldstärkemeßgeräten keine Langzeitaufzeichnungen möglich. Datenlogger mit externen Feldstärkesensoren sind aufgrund der Verkabelung und der aufwendigen Bedienung nicht auf breiter Basis einsetzbar. Zudem erlauben Datenlogger keine Beurteilung der Beeinflussung eines Gerätes durch die Magnetfelder, da Datenlogger ausschließlich Aufzeichnungsgeräte zu Langzeitaufzeichnungen elektrischer Daten sind, die keine oder nur begrenzte Auswertungen der Daten vornehmen können. Datenlogger sind regelmäßig Geräte, welche aufgrund ihrer Komplexität nur von Fachleuten bedient werden können. Somit schei-

tert ein Einsatz von Datenloggern auf breiter Basis auch an den damit verbundenen hohen Kosten.

Weiterhin sind Geräte bekannt, welche Magnetfeldsensoren enthalten, die bei einer Überschreitung der maximal zulässigen Feldstärke dieses Gerät abschalten. Ein solches Gerät ist beispielsweise in der US-Patentschrift US 5,629,622 beschrieben. Hierin wird die Amplitude eines räumlichen Magnetfeldes mittels dreier Sensoren gemessen. Das Ausgangssignal wird dann in einem Komparator mit einem Schwellwert verglichen, der ein Ausgangssignal zur Abschaltung des Gerätes erzeugt. Ein solches vom Bediener ungewolltes abschalten kann insbesondere bei medizinischen Geräten zu lebensbedrohlichen Situationen führen. Bei derartigen Geräten wird, um auch den nachteiligen Folgen eines längeren Aufenthaltes in starken Magnetfeldern vorzubeugen, eine relativ niedrige Abschaltschwelle vorgegeben. Ohne eine solche Abschaltvorrichtung, aber mit einer entsprechenden Vorrichtung zur Langzeitüberwachung der Magnetfelder könnten die Geräte zumindest kurzzeitig ohne Fehlfunktionen auch im Bereich stärkerer Magnetfelder betrieben werden.

Neben den Auswirkungen auf technische Geräte beeinflussen hohe Magnetfelder auch den menschlichen Körper. Diese Einflüsse sind derzeit im wesentlichen noch unerforscht. So sind die bei sich ändernden Magnetfeldern auftretenden Muskel- und Nervenreizungen bekannt. Doch gerade über die Langzeitauswirkungen mittlerer und starker Magnetfelder, denen das im Umfeld der oben beschriebenen Geräte arbeitende Personal ausgesetzt ist gibt es kaum Erkenntnisse. Hier zu wäre eine Vielzahl von Langzeituntersuchungen notwendig. Derartige Untersuchungen sind aufgrund fehlender Meßmittel, welche eine Langzeitmessung der Magnetfelder im Umfeld der betreffenden Personen erlaubt ohne deren Bewegungsfreiheit einzuschränken.

## Darstellung der Erfindung

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Gerät zur einfachen Langzeitmessung und Überwachung starker Magnetfelder anzugeben, welches die Wirkungen der Magnetfelder berücksichtigt und mit niedrigen Kosten auf breiter Basis einfach einsetzbar ist.

Eine erfindungsgemäße Lösung dieser Aufgabe ist im Patentanspruch 1 angegeben. Weiterbildungen der Erfindung sind Gegenstand der abhängigen Ansprüche.

Die erfindungsgemäße Vorrichtung besteht aus einem Magnetfeldsensor und einer Auswerteeinheit, welche die Signale des Magnetfeldsensors auswertet. Weiterhin ist der Auswerteeinheit mindestens ein Speicher bzw. alternativ mindestens eine Signalisierungseinheit zugeordnet. Zudem ist die Auswerteeinheit so gestaltet, dass sie die Signale des Magnetfeldsensors weiterverarbeitet. Wesentlich hierbei ist, dass die Auswerteeinheit zumindest das Integral über die Zeit bzw. die Ableitung über die Zeit bildet. Diese Werte haben im Zusammenhang mit magnetischen Feldern eine besondere Bedeutung. So kann über die Integration der Feldstärke ein Langzeiteffekt des magnetischen Feldes berücksichtigt werden. So ist bekannt, daß die Magnetisierung vieler Materialien mit zunehmender Einwirkungsdauer zunimmt. Ein Maßstab hierfür ist das Integral des Magnetfeldes über die Zeit.

Ebenso wichtig ist die Ableitung der magnetischen Feldstärke nach der Zeit. So ist die Induktion eine Spannung in einem Leiter bzw. Spule bei sich ändernden Magnetfeldern eine Funktion der Ableitung der Feldstärke nach der Zeit. Störungen in elektrischen bzw. elektronischen Schaltungen können eben durch induzierte Spannungen auftreten. Somit ist die Ableitung der magnetischen Feldstärke nach der Zeit ein Maß für das Störpotential der Magnetfeldänderungen.

Die aus den Signalen des Magnetfeldsensors insbesondere durch Ableitung und / oder Integration ermittelten Werte können in einem der Auswerteeinheit zugeordneten Speicher gespeichert oder einer Signalisierungseinheit übermittelt werden.

Ein erfindungsgemäße Vorrichtung kann beispielsweise ausschließlich mit einem oder mehreren Speichern konfiguriert werden, wenn keine weitere Signalisierung der Werte notwendig ist. Ein Zugriff auf die gespeicherten Werte erfolgt ausschließlich über den Speicher, welcher hierzu von einer externen Vorrichtung ausgelesen werden kann. Ebenso kann beispielsweise die erfindungsgemäße Vorrichtung ausschließlich mit einer der Auswerteeinheit zugeordneten Signalisierungseinheit realisiert werden, wenn lediglich die ermittelten Werte bzw. das Überschreiten eines Grenzwertes mittels eines Signalisierungsmittels signalisiert werden soll. Ebenso sind aber auch Kombinationen aus den beschriebenen Varianten möglich. Dadurch kann dem Bediener kurzfristig ein Überschreiten eines Grenzwertes angezeigt werden und eine langfristige Aufzeichnung aus dem Speicher abgerufen werden. Dadurch können sie zu einem späteren Zeitpunkt abgerufen und beispielsweise zur Dokumentation verwendet werden.

Durch diese Speicherung sind nun wahlweise Langzeitaufzeichnungen bzw. Auswertungen über die magnetischen Felder bzw. die Aufzeichnung von kurz- oder langfristig auftretenden Extremwerten möglich.

Als Magnetfeldsensoren können dem Stand der Technik entsprechende Hallsensoren, Feldplatten oder andere aktive bzw. passive Sensoren eingesetzt werden. Die Darstellung der Erfindung bezieht sich auf Sensoren, welche ein dem Magnetfeld entsprechendes Signal abgeben. Eventuelle Nichtlinearitäten der Kennlinie der Sensoren werden in der Auswerteeinheit korrigiert. Alternativ können beispielsweise auch induktive Sensoren eingesetzt werden. Die in einer Spule induzierte Spannung ist proportional zur Änderung des magnetischen Feldes. Daher haben solche induktiven Sensoren auch differenzierende Wirkung. Um hier einen entsprechend der Erfindung mit den vorgenannten Sensoren gleichwirkenden Effekt zu erzielen ist das Signal von derartigen induktiven Sensoren noch zu integrieren. Die Auswerteeinheit selbst kann beispielsweise analog mit analogen Integratoren bzw. Differenzieren ausgeführt werden. Ebenso kann die Auswerteeinheit aber auch auf einem digitalen Schaltkreis basieren. Hier kann beispielsweise ein FPGA oder ein Mikroprozessor bzw. Mikrocontroller Verwendung finden. In einem sol-

chen Falle kann die Integration bzw. Differentiation numerisch erfolgen. Ebenso sind auch Kombinationen wie beispielsweise eine analoge Integration bzw. Differentiation und eine digitale Steuerung möglich.

In einer besonders vorteilhaften Ausführung der erfindungsgemäßen Vorrichtung sind der Magnetfeldsensor und die Auswerteeinheit zusammen in einem gemeinsamen Gehäuse integriert. Durch diese Integration ist ein besonders platzsparender Aufbau möglich. Gleichzeitig kann damit ein geschlossenes Gehäuse ohne zusätzliche externe Verbindungen realisiert werden. Ein solches geschlossenes Gehäuse lässt sich wesentlich besser Schirmen als mehrere beispielsweise durch Kabel miteinander verbundene Gehäuse. Gerade bei den zu messenden starken Magnetfeldern ist eine gute Schirmung gegen die Einflüsse dieser Felder besonders wichtig. Eine der bevorzugten Anwendungen der Erfindung ist die Messung von Feldern im Bereich von Kernspintomographen. Kernspintomographen selbst sind Geräte, welche neben starken Magnetfeldern in deren Umgebung hohe hochfrequente Leistungen abstrahlen und zeitlich versetzt äußerst niedrige Signalamplitude detektieren. Daher wird an Geräte die im Umfeld dieser Kernspintomographen eingesetzt werden ein Bündel höchster Anforderungen bezüglich Störfestigkeit und Abstrahlung von Störungen gestellt. Diese Anforderungen lassen sich mit einem kompakten Gerät in einem geschlossenen Gehäuse ohne externe Verbindungen am günstigsten realisieren. Auf dem Markt befindliche Datenlogger mit externen Feldsensoren erfüllen diese Bedingungen nicht. Durch den einfachen und platzsparenden Aufbau kann das Gerät problemlos in andere Geräte zur Überwachung integriert werden. Ebenso kann ein derart kleines Gerät problemlos an der Kleidung von im Bereich der starken Magnetfelder beschäftigten Mitarbeitern befestigt werden um so eine Langzeitaufzeichnung durchzuführen.

Damit diese Einheit auch eigenständig einsetzbar ist, muss - selbstverständlicherweise - eine Energiequelle, beispielsweise eine Batterie mit in das Gehäuse integriert werden. Um den Stromaufnahme der gesamten Anordnung zu verringern und somit auch die Batterielebensdauer zu erhöhen ist es sinnvoll, den Magnetfeldsen-



sor, welcher meist eine relativ hohe Stromaufnahme hat, nur zu den Messzeitpunkten mit Strom zu versorgen. Dies ist möglich, weil ja gerade bei Langzeitmessungen nicht kontinuierlich gemessen wird. Beispielsweise wäre eine Messung pro Sekunde für eine aussagekräftige Langzeitaufzeichnung sicherlich ausreichend. Die eigentliche Messdauer, die zur Erfassung des Sendesignals und dessen Auswertung notwendig ist, liegt in der Größenordnung von 1 ms. Hierbei genügt es, den Magnetfeldsensor sowie eventuell diesem zugeordnete Verstärker und andere Komponenten der Auswerteeinheit ausschließlich für die eigentliche Messdauer mit Strom zu versorgen. Damit ergibt sich ein Einschaltverhältnis der gesamten Vorrichtung von 1/1000 und damit eine entsprechend um den Faktor 1000 verlängerten Batterielebensdauer.

Eine vorteilhafte Weiterbildung der Erfindung betrifft zusätzliche Mittel zur optischen bzw. akustischen Signalisierung. So können wahlweise optische Anzeigeelemente in Form von numerischen oder alphanumerischen Displays vorgesehen werden, welche aktuelle Werte oder Werte von Messungen der Vergangenheit sowie Extremwerte anzeigen. Weiterhin kann über ein derartiges Display die erfindungsgemäße Vorrichtung konfiguriert werden. Dies kann beispielsweise über eine dem Stand der Technik entsprechende Menüsteuerung erfolgen. Hierzu sind selbstverständlich zusätzliche Bedienelemente wie mindestens eine Eingabetaste oder ein sonstiges Sensorelement notwendig. Weiterhin kann eine vereinfachte optische Signalisierung von Grenzwerten durch einfache Anzeigemittel wie Lampen oder Leuchtdioden oder auch ein einfaches Flüssigkristallfeld, welches hell oder dunkel geschaltet wird erfolgen. Hier ist auch eine abgestufte Darstellung unterschiedliche Werte beispielsweise durch mehrere farbige oder einzelne mehrfarbige Leuchtdioden bzw. durch Blinken des Anzeigeelementes in unterschiedlichen Intervallen möglich. Im einfachsten Falle aber ist eine einzige Leuchtdiode oder Lampe vorgesehen, welche im Falle einer Überschreitung eines vorgegebenen Feldstärkegrenzwertes aufleuchtet. Vorteilhaft ist eine zusätzliche Speichereinrichtung, welche den Aktivierungszustand des Anzeigeelementes speichert und nur durch Interaktion eines Anwenders oder Servicetechnikers zurückgesetzt

werden kann. Damit kann dem Anwender ein einmaliges überschreiten eines maximalen Feldstärkewertes auch zu einem späteren Zeitpunkt signalisiert werden. Diese Signalisierung kann dann beispielsweise durch Drücken eines Schalters oder Betätigung eines Sensorelementes wieder gelöscht werden. Zu Überwachung von Gewährleistungsansprüchen kann das Gerät derart gestaltet werden das die Anzeige ausschließlich durch einen dazu autorisierten Servicetechniker zurückgesetzt werden kann. Dies kann beispielsweise durch einen Schalter, welcher erst nach öffnen des Gehäuses zugänglich ist oder nach Eingabe eines geheimen Codes erfolgen.

Eine akustischen Anzeige kann durch einen zusätzlichen integrierten Lautsprecher, Summer oder anderes akustisches Element erfolgen. So ist in einer besonders bedienungsfreundlichen Ausführung der erfindungsgemäßen Vorrichtung eine Sprachausgabe der wesentlichen Parameter sowie eine Warnung bei zu hohen Magnetfeldern möglich. Um hier eine hohe Unempfindlichkeit gegen Magnetfelder zu erreichen, sollte auf den Einsatz von dynamischen Lautsprechern verzichtet werden und stattdessen Piezolautsprecher eingesetzt werden. Selbstverständlich kann die Signalisierung auch durch Töne verschiedene Höhe und mit verschiedenen Intervallauern erfolgen.

In einer weiteren vorteilhaften Weiterbildungen der Erfindung enthält die Auswerteeinheit mindestens einen zusätzlichen Grenzwertdiskriminator. Die Aufgabe dieses Grenzwertdiskriminator ist es festzustellen, ob der aktuell gemessene Messwert oder ein daraus ermittelte Wert für die Untersuchung relevant ist. Relevante Werte zeichnen sich beispielsweise durch eine herausragende Höhe (Feldstärke) oder auch durch eine besonders lange Zeitdauer aus. Durch diese Unterscheidung kann verhindert werden, dass unwesentliche Signale gespeichert werden. Somit kann eine effiziente Langzeitaufzeichnung mit einem wesentlich reduzierten Speicherbedarf bzw. bei gleichem Speicherbedarf mit wesentlich verlängerter Aufzeichnungsdauer durchgeführt werden. Optional können zusätzlich zu den Messdaten auch der Zeitpunkt der Aufzeichnung sowie andere wichtige Parameter mit erfasst werden. Der Grenzwertdiskriminator stellt

parameter mit erfasst werden. Der Grenzwertdiskriminator stellt nun die Relevanz des Wertes durch Vergleich mit einem vorgegebenen Grenzwert fest. Alternativ dazu kann auch ein mehrstufiger Grenzwertdiskriminator gewählt werden, welcher verschiedene Prioritätsstufen des Wertes durch Vergleich mit mehreren Grenzwerten ermittelt. Üblicherweise ist der Grenzwert bzw. die Grenzwerte fest vorgegeben. In verschiedenen Situationen ist aber auch eine dynamische Grenzwertvorgabe sinnvoll. Wird beispielsweise durch eine rasche Folge kurz aufeinanderfolgender relevanter Werte eine große Menge an Informationen erzeugt, wobei aber nur ein erstmaliges auftreten eines relevanten Wertes wichtig ist, so kann beispielsweise durch eine Totzeit oder auch eine dynamische Anpassung eines oder mehrerer Grenzwerte eine weitere Aufzeichnung von Daten verhindert werden. Eine Totzeit sperrt den Grenzwertdiskriminator für eine vorgegebene Zeit und verhindert so die Aufzeichnung kurz aufeinanderfolgender weiterer relevanter Werte. Eine solche Totzeit kann auch dynamisch an den Anwendungsfall angepasst werden. Wird beispielsweise festgestellt daß der Grenzwertdiskriminator häufig unmittelbar nach Ablauf der Totzeit wieder relevante Werte feststellt so ist dies ein Indiz dafür, daß die zu unterdrückende Serie von Werten noch andauert. Um hier erneute Aufzeichnungen zu verhindern, kann nun die Totzeit dynamisch verlängert werden. Ebenso ist eine dynamische Verkürzung der Totzeit möglich. Häufig liefert jedoch eine andere Technik, die dynamische Anpassung der Grenzwerte für den Grenzwertdiskriminator bessere Ergebnisse. Wird beispielsweise eine erste Überschreitung eines Grenzwertes festgestellt, so kann ein neuer Grenzwert basierend auf dem aktuell gemessenen Wert oder einem geringfügig über dem alten Grenzwert liegenden Wert festgelegt werden. Somit werden nur noch weitere Überschreitungen mit höheren Werten registriert. Damit nicht nach einem einmaligen Ereignis mit besonderer Signalthöhe alle weiteren Aufzeichnungen unterdrückt werden, kann die Grenzwertvorgabe kontinuierlich mit der Zeit oder in bestimmten Zeit Intervallen wieder abgesenkt werden. Hat nun der Grenzwertdiskriminator einen relevanten Wert festgestellt, so signalisiert er an dem Speicher, diesen Wert und eventuelle zusätzliche Informationen zu

speichern. Derartige zusätzliche Informationen sind beispielsweise der Zeitpunkt der Speicherung, zusätzliche Ergebnisse der Berechnungen aus den Sensorsignalen oder auch weitere Parameter von zusätzlich in der erfindungsgemäßen Vorrichtung vorhandenen Sensoren

In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist der Magnetfeldsensor als mehrdimensionaler Feldsensor ausgelegt. Mit eindimensionalen Feldsensoren können in der Regel nur Felder richtig gemessen werden, welche senkrecht zur aktiven Sensorfläche auftreten. Bei von der senkrechten abweichenden Feldern wird eine kleinere Feldstärke angezeigt, welche bei den gängigsten Sensortypen mit dem Cosinus des Winkels des Magnetfeldes bezogen auf die senkrechte abnimmt. Da aber in den meisten Einsatzfällen einer erfindungsgemäßen Vorrichtung unbekannte Felder unterschiedlichster Feldstärke aus verschiedenen Richtungen ermittelt werden sollen, ist es unumgänglich, auch schräg in den Sensor einfallende Felder richtig zu berücksichtigen. Dies ist bei Magnetfeldern, welche in zumindest einer Dimension konstant sind mit einem zweidimensionalen Feldsensor und bei beliebigen Feldern mit einem dreidimensionalen Feldsensor möglich. Um eine größtmögliche Flexibilität im Einsatz der erfindungsgemäßen Anordnung zu erreichen, enthält die bevorzugte Ausführungsform einen dreidimensionalen Feldsensor. In den nachfolgenden Ausführungen wird daher der Einfachheit halber auf einen solchen dreidimensionalen Feldsensor Bezug genommen. Selbstverständlich sind die Ausführungen in diese Schrift - mit entsprechender Reduktion auf zwei Dimensionen - auch auf zweidimensionale Feldsensoren anwendbar. Ein dreidimensionaler Feldsensor kann beispielsweise aus drei orthogonal zueinander orientierten eindimensionalen Feldsensoren bestehen. Selbstverständlich ist ein solcher mehrdimensionaler Feldsensor auch mit anders orientierten Feldsensoren realisierbar. Die Ausführung mit orthogonal orientierten Feldsensoren erfordert jedoch den geringsten Aufwand in der Auswerteeinheit und stellt damit die bevorzugte Ausführungsform dar. Die Auswerteeinheit ist nun

derart gestaltet, dass sie aus dem Signal der 3 Feldsensoren vorzugsweise den Betrag aber auch wahlweise die Richtung des räumlichen Feldvektors ermittelt.

Die wichtigste Größe bei der Abschätzung der Wirkung von Magnetfeldern ist der Betrag des Feldes. Bei einer Anordnung aus drei orthogonale Feldsensoren in den Richtungen x, y, z und den jeweiligen Feldkomponenten in x-, y-, und z- Richtung  $H_x$ ,  $H_y$ ,  $H_z$  berechnet sich bekanntermaßen der Betrag der Feldstärke zu

$$|H| = \sqrt{H_x^2 + H_y^2 + H_z^2} .$$

Wird nur der Betrag berücksichtigt so kann man mit nur einen Zahlenwert eine worst case Betrachtung durchführen. Dennoch gibt es auch Anwendungsfälle in denen die Richtung des Magnetfeldes eine wesentliche Rolle spielt. So wird beispielsweise bei induktiven Bauelementen ein Magnetfeld in der Richtung des inneren magnetischen Flusses des Bauelemente in diesem unerwünschter Spannungen induzieren während ein Magnetfeld senkrecht dazu kaum zu einer Induktion störender Spannungen führen wird. Um eine besonders effiziente Auswertung der Ergebnisse zu ermöglichen ist es sinnvoll, die gemessene Größe eines dreidimensionalen Feldvektors auf einen Zahlenwert zu reduzieren. Dies erfolgt bevorzugt durch Abbildung über eine Funktion, welche die Empfindlichkeit des zu untersuchenden Objektes gegen Magnetfelder im dreidimensionalen Raum berücksichtigt. Im einfachsten Falle wird vor der Ermittlung des Betrages der Feldstärke der Ausgangswert eines jeden Sensors mit einem vorgegebenen Faktor multipliziert. Das Ergebnis ist dann ein einziger Zahlenwert, welcher die Empfindlichkeit des zu untersuchenden Objektes gegenüber Magnetfeldern beliebiger Richtung berücksichtigt.

Zu einer besseren Auswertung räumlicher Felder kann auch der Feldsensor in mehrere Teilsensoren aufgeteilt werden, die an unterschiedlichen Orten angebracht werden. Aus den Unterschied in der Signale der Teilsensoren lassen sich Rückschlüsse über den Gradienten des Magnetfeldes ziehen. Ebenso kann der Auswertung als maximaler Feldstärkewert der höchste Wert der verschiedenen Teilsensoren berücksichtigt werden. Damit lassen sich auch Lokale Feldstärkemaxima besser erfassen.

In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung sind zusätzliche Mittel zur Kommunikation bzw. zum Datenaustausch vorhanden. Mit Hilfe dieser Mittel können die Meßwerte aus dem Speicher der Vorrichtung in weitere Geräte zur Auswertung übertragen werden. Ebenso können mit Hilfe dieser Mittel wichtige Konfigurationsdaten wie beispielsweise Skalierungsfaktoren oder Grenzwerte in die erfindungsgemäße Vorrichtung übertragen werden. Hierzu eignen sich vorzugsweise dem Stand der Technik entsprechende Rechnerschnittstellen wie beispielsweise RS 232, USB, Ethernet und andere gängige Standards. Die physikalische Ankopplung kann über Stecker aber auch kontaktlos induktiv bzw. kapazitiv erfolgen. Eine andere Art von ebenfalls vorteilhaft einsetzbaren Mitteln zu Kommunikation stellen Speicherkarten oder -Module dar. So kann der Datenaustausch auch über eine einsteckbare Speicherkarte bzw. Chipkarte erfolgen.

Eine besonders vorteilhafte Vorrichtung enthält einen Magnetfeldsensor sowie eine Auswerteeinheit in einem kleinen Gehäuse. Eine solche Vorrichtung kann bequem von den zu überwachenden Personen beispielsweise in einer Tasche ins Kleidungsstückes oder auch - ähnlich wie ein Röntgendosimeter - Mittels ein Anstecknadel an einem Kleidungsstück befestigt werden. Damit ist eine lückenlose Langzeitüberwachung von Personen, welches sich in der Nähe starker Magnetfelder aufhalten können möglich. Ebenso kann eine solche Vorrichtung in Geräte, welche in der Nähe starker Magnetfelder eingesetzt werden können bzw. welche gegen starke Magnetfelder empfindlich sind integriert werden. Damit kann zu einem späteren Zeitpunkt der Gebrauch des Gerätes in zu starken Magnetfeldern bzw. das Auftreten von starken Magnetfeldern beispielsweise beim Transport von empfindlichen Geräten nachgewiesen werden. Dies ist besonders wichtig im Falle von eventuellen Gewährleistungsansprüchen.

## Übersicht über die Zeichnungen

Die Erfindung wird nachstehend anhand der Zeichnungen näher beschrieben. Es zeigen:

Fig. 1 zeigt die Struktur einer erfindungsgemäßen Vorrichtung.

Fig. 2 zeigt das Blockschaltbild einer besonders vorteilhaften Ausführung der erfindungsgemäßen Vorrichtung.

Fig. 3 zeigt eine besonders einfache Ausführung der erfindungsgemäßen Vorrichtung.

Fig. 4 zeigt beispielhaft die Integration einer erfindungsgemäßen Vorrichtung in ein kleines Gehäuse.

## Darstellung von Ausführungsbeispielen

Die Struktur einer erfindungsgemäßen Vorrichtung gezeigten Fig. 1.

Ein Magnetfeldsensor (1), welcher auch intern aus mehreren einzelnen Feldsensoren bestehen kann, ermittelt die Größe eines Magnetfeldes. Das Ausgangssignal (2) des Magnetfeldsensors wird an eine Auswerteeinheit (3) übermittelt. Die Auswerteeinheit dient zur Auswertung und Weiterverarbeitung der Sensorsignale. Dieser Auswerteeinheit ist wahlweise mindestens ein Speicher (4) bzw. eine Signalisierungseinheit (5) zugeordnet. Im Falle der Zuordnung mindestens eines Speichers werden wahlweise eine aus dem Integral bzw. der Ableitung der Sensorsignale gebildeter Wert bzw. der skalierte Wert des Sensorsignals in dem Speicher geschrieben. Der Speicherinhalt kann gleichzeitig oder zu einem beliebigen späteren Zeitpunkt mit Hilfe eines Mittels (7) zur Kommunikation ausgelesen werden.

Im Falle der Zuordnung einer Signalisierungseinheit signalisiert diese mittels einer dieser zugeordneten Anzeigeeinheit die zuvor angegebenen Werte bzw. in die Überschreitung einer der zuvor angegebenen Werte über mindestens einem vor-

gegebenen Grenzwert. Die Signalisierungseinheit signalisiert diese mittels eines zusätzlich vorhandenen Signalisierungsmittels (8).

Das beispielhafte Blockschaltbild einer vorteilhaften Ausführung der Erfindung zeigt Fig. 2.

Hierin besteht der Magnetfeldsensor (1) beispielhaft aus drei einzelnen Teilsensoren (1x, 1y, 1z) welche orthogonal zueinander angeordnet sind. Die Signale diese Teilsensoren werden in der Auswerteeinheit (3) weiterverarbeitet. Hierzu sind zunächst die den jeweiligen Sensoren zugeordneten Vorverstärker (21x, 21y, 21z) vorgesehen, welche die entsprechenden Quadrierer (22x, 22y, 22z) speisen. Nach einer Summierung der Signale in dem Addierer (23) sowie einer anschließenden Wurzelbildung in dem Baustein (24) steht ein Signal proportional zum Betrag des räumlichen Magnetfeldvektors, also der richtungsunabhängigen Magnetfeldstärke zur Verfügung. Dieses wird nun beispielhaft einem Integrator (25) sowie einem Differenzierer (26) zugeführt. Die Werte des Differenzierers werden hier beispielhaft in einem Speicher (4) abgespeichert und können mittels des Mittels (7) zu Kommunikation ausgelesen werden.

Das Signal des Integrators wird beispielhaft dem Speicher (4) zur Speicherung sowie einem Grenzwertdiskriminator (28) zugeführt, welche dieses Signal mit einem vorgegebenen Grenzwert (27) vergleicht und eine Grenzwertüberschreitung mit Hilfe des Signalisierungsmittels (8), beispielsweise einer Leuchtdiode signalisiert.

Eine weitere beispielhafte Anordnung basierend auf einem Microcontroller ist in Fig. 3 dargestellt.

Hierin besteht der Magnetfeldsensor (1) beispielhaft aus drei einzelnen Teilsensoren (1x, 1y, 1z) welche orthogonal zueinander angeordnet sind. Die Auswerteeinheit (3) enthält als wesentliches Bestandteil einen Microcontroller (30), welcher beispielhaft auch einen Speicher (4) enthält. Ebenso ist hier auch ein Microcontroller mit externem Speicher oder auch ein leistungsfähiger Mikroprozessor



ebenso wie ein FPGA einsetzbar. Die Signale des Magnetfeldsensors werden nun unmittelbar dem Microcontroller, welche vorzugsweise drei analoge Eingangskanäle besitzt zur Weiterverarbeitung zugeführt. Dieser führt nun die benötigten Operationen wie Skalierung, Integration, Differenzierung numerisch durch. Die Ergebnisse werden in dem Speicher (4), welcher selbstverständlich auch durch einen externen Speicherbaustein realisiert werden kann abgelegt. Die externe Kommunikation mit dem Speicher kann über das Mittel (7) zur Kommunikation erfolgen. Dieses ist beispielhaft hier für eine bidirektionale Kommunikation ausgelegt, so dass nicht nur die Werte des Speichers ausgelesen werden können sondern auch neue Werte wie beispielsweise Skalierungsfaktoren, Kalibrierdaten der Sensoren oder auch ein vollständig neues Programm in dem Speicher des Mikrocontrollers geladen werden können. Weiterhin erfolgt die Signalisierung von Grenzwertüberschreitungen mittels eines externen Signalisierungsmittels (8).

In Fig. 4 wird beispielhaft die Integration des Magnetfeldsensors zusammen mit einer Auswerteeinheit in ein kompaktes Gehäuse dargestellt.

Das Gehäuse (43) nimmt die Komponenten der Vorrichtung auf. Es besteht vorzugsweise aus Materialien, welche die Magnetfelder zumindest im Bereich des Magnetfeldsensors nicht oder nur unwesentlich beeinflussen. Der Magnetfeldsensor (41) ist hier beispielhaft am oberen Ende des Gehäuses angeordnet, so dass das zu messende Magnetfeld von den anderen Komponenten der Vorrichtung möglichst wenig beeinflusst wird. Das Signalisierungsmittel ist hier beispielhaft als einfache Anzeigeeinheit (48) ausgelegt, welche mit drei verschiedenfarbigen Anzeigen in Form von Leuchtdioden verschiedene Zustände signalisieren kann. Weiterhin ist eine Tastatur (42) mit drei Tasten als Mittel zur Kommunikation vorgesehen. Der Mikrocontroller (43) steuert die Vorrichtung. Er ist hier zumindest teilweise von einem magnetischen Schirm vor zu starken Magnetfeldern geschützt. Der Übersichtlichkeit halber ist eine dem Stand der Technik entsprechende Stromversorgung mittels einer Batterie, einer Solarzelle oder über ein Kabel von einer externen Stromquelle nicht dargestellt.

## Patentansprüche

1) Vorrichtung zur Langzeitmessung und Überwachung starker Magnetfelder bestehend aus einem Magnetfeldsensor (1) und einer Auswerteeinheit (3) zur Auswertung der Signale (2) des Magnetfeldsensors

dadurch gekennzeichnet, dass

der Auswerteeinheit wahlweise mindestens ein Speicher (4) und / oder mindestens eine Signalisierungseinheit (5) zugeordnet ist und die Auswerteeinheit derart gestaltet ist, dass sie aus den Signalen des Magnetfeldsensors zumindest das Integral über die Zeit und / oder die Ableitung über die Zeit bildet und diese Werte in einem zugeordneten Speicher ablegt bzw. an eine Signalisierungseinheit weiterleitet.

2) Vorrichtung nach Anspruch 1

dadurch gekennzeichnet, dass

der Magnetfeldsensor und die Auswerteeinheit zusammen in einem gemeinsamen Gehäuse integriert sind.

3) Vorrichtung nach Anspruch 1 bzw. 2

dadurch gekennzeichnet, dass

zumindest ein wahlweise optisches bzw. akustisches Signalisierungsmittel (8) zur Anzeige der Messwerte bzw. zur Signalisierung einer Grenzwertüberschreitung vorhanden ist, welches von der Auswerteeinheit angesteuert wird.

4) Vorrichtung nach Anspruch 1 bis 3

dadurch gekennzeichnet, dass

in der Auswerteeinheit mindestens ein zusätzlicher Grenzwertdiskriminator (6) vorhanden ist, welcher wahlweise eines oder mehrere aus den Signalen des Magnetfeldsensors ermittelte Werte mit zumindest einem vorgegebenen Grenzwert vergleicht und bei einer Überschreitung dieses Grenzwertes dem Speicher die Übernahme des Wertes signalisiert.

5) Vorrichtung nach Anspruch 1 bis 4

dadurch gekennzeichnet, dass

der Magnetfeldsensor als mehrdimensionaler, vorzugsweise als dreidimensionaler Feldsensor ausgeführt ist und die Auswerteeinheit derart gestaltet ist, dass sie aus den Signalen des Magnetfeldsensors zumindest die Größe und wahlweise die Richtung des Feldvektors ermittelt.

6) Vorrichtung nach Anspruch 1 bis 5

dadurch gekennzeichnet, dass

zusätzliche Mittel (7) zur Kommunikation bzw. zum Datenaustausch wie beispielsweise eine Schnittstelle zur Anbindung eines externen Rechners oder eine Speicherkarte, welche von externen Geräten ausgelesen bzw. beschrieben werden kann vorgesehen sind.

7) Vorrichtung zur Langzeitmessung und Überwachung starker Magnetfelder bestehend aus einem Magnetfeldsensor (1) und einer Auswerteeinheit (3) zur Auswertung der Signale (2) des Magnetfeldsensors

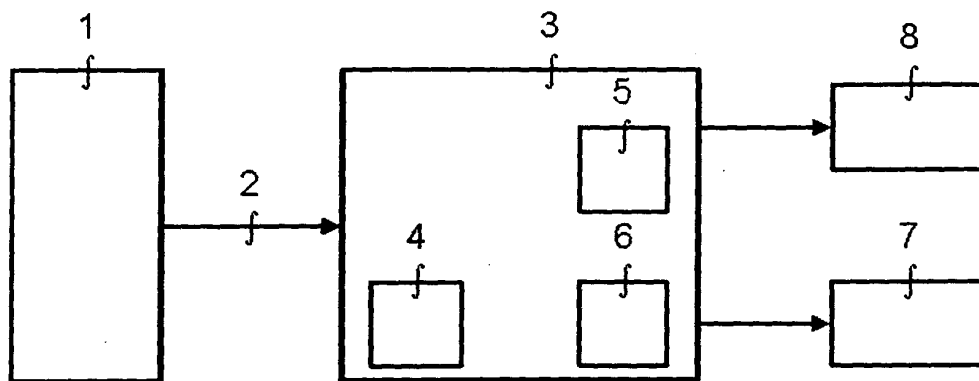
dadurch gekennzeichnet, dass

der Magnetfeldsensor und die Auswerteeinheit gemeinsam in einem kleinen Gehäuse untergebracht sind, welches bevorzugt in oder an einem Kleidungsstück der oder auch an bzw in einem Gerät bzw. dessen Verpackung angebracht werden kann.

## **Zusammenfassung**

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zu Langzeitaufzeichnung starker magnetischer Felder. Diese enthält einen Magnetfeldsensor sowie eine Auswerteeinheit welche aus den Sensorsignalen durch Integration bzw. Differentiation Signale, die die Wirkung der Magnetfelder charakterisieren bildet und diese Signale wahlweise in einem Speicher ablegt bzw. eine Grenzwertüberschreitung mittels einer Signalisierungseinheit anzeigt.

**Fig. 1**



**Fig. 2**

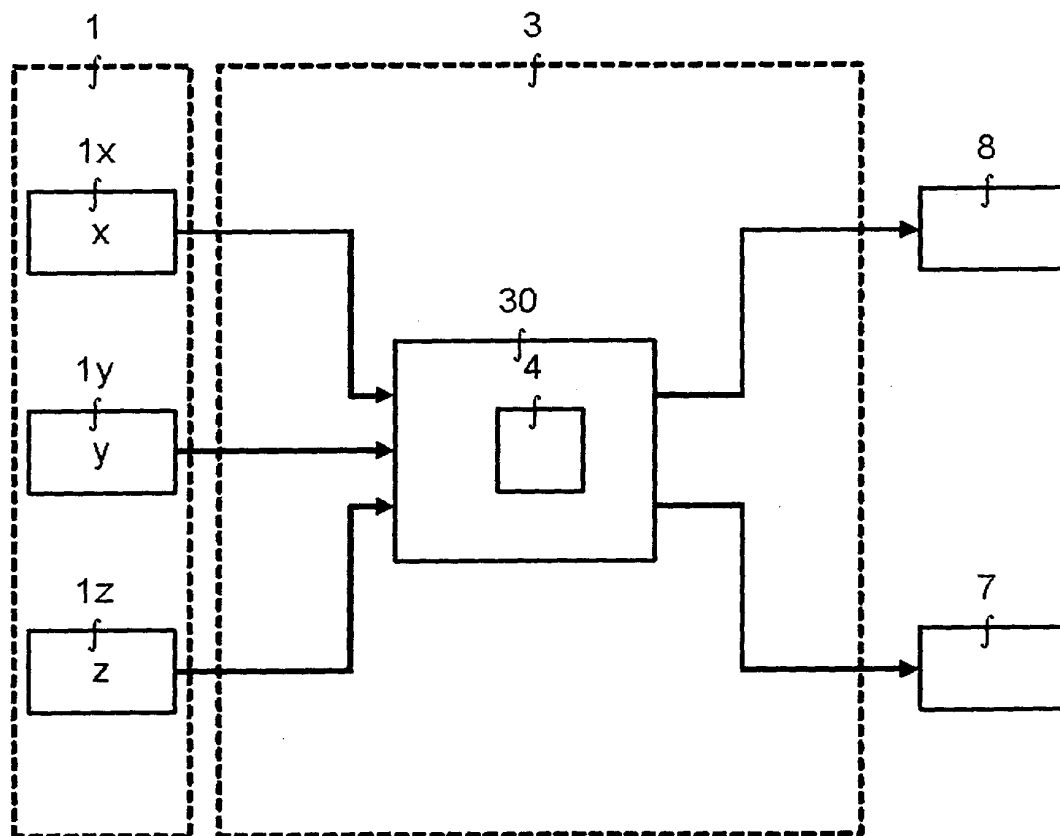


Fig. 3

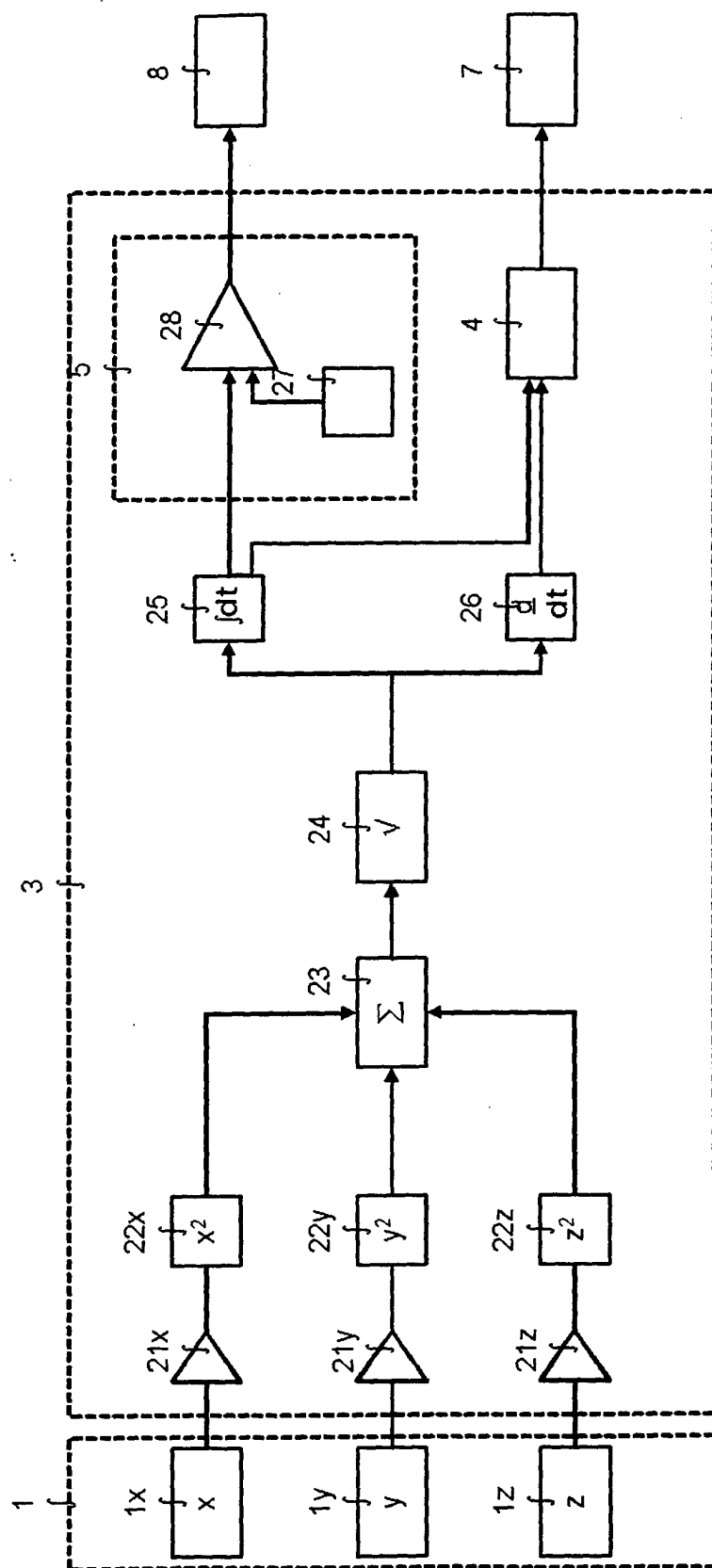


Fig. 4

